

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 037 167.9

Anmeldetag: 30. Juli 2004

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

IPC: F 02 N 17/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. August 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Lytang**BEST AVAILABLE COPY**

28.07.04 Sm/Oy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach der Gattung des ersten unabhängigen Hauptanspruchs. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine.

Stand der Technik

Zur Reduzierung des Verbrauchs und der Emissionen von Kraftfahrzeugen finden zunehmend sogenannte Start-Stopp Verfahren Verbreitung. Bei den derzeitigen Start-Stopp Verfahren erfolgt der Motorstart mittels einer elektrischen Maschine, wie z.B. einem Riemen- oder Kurbelwellen-Starter-Generator oder auch einem üblichen Starter. Typischerweise erfolgt der Start, indem beim Hochdrehen der Brennkraftmaschine durch Einspritzen von Kraftstoff und nachfolgender Zündung ein Drehmoment der Brennkraftmaschine erzeugt wird, wobei bei ausreichender Drehzahl der Brennkraftmaschine der Starter wieder ausgerückt wird.

Aus der EP 1 036 928 A2 ist eine Startvorrichtung bekannt, bei der beim Abstellen der Brennkraftmaschine zumindest ein in Kompression gehender Zylinder identifiziert wird, und bei Vorliegen einer Startanfrage in diesen Zylinder Kraftstoff eingespritzt wird.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass ein Erfassungsmittel Betriebsparameter einer Brennkraftmaschine erfasst, wobei ein Berechnungsmittel unter Berücksichtigung der erfassten Betriebsparameter vor einem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt, wobei das Berechnungsmittel in Abhängigkeit von der vorgegebenen Startstrategie Steu-

ergrößen zur Steuerung eines Motorhochlaufs festlegt,
und ein Kontrollmittel den Motorhochlauf überwacht,
und bei einem von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf, die Steuergrößen entsprechend anpasst.

5

10

Das entsprechende erfindungsgemäße Verfahren hat dementsprechend den Vorteil, dass vor einem Start der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung von erfasste Betriebsparametern eine Startstrategie zum Starten der Brennkraftmaschine vorgegeben wird und dass in Abhängigkeit von der vorgegebenen Startstrategie Steuergrößen zur Steuerung eines Motorhochlaufs festgelegt werden und der Motorhochlauf überwacht wird und bei einem von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf die Steuergrößen so angepasst werden, dass ein durch die Startstrategie vorgegebener Motorhochlauf erreicht wird.

15

20

Dieses Vorgehen hat den besonderen Vorteil, dass bereits vor dem Start der Brennkraftmaschine, also noch bevor die Kurbelwelle in Bewegung versetzt wird, eine Startstrategie, nach der der Start und der entsprechende Motorhochlauf erfolgen soll, festgelegt wird. Insbesondere kann die Startstrategie den unterschiedlichen vorliegenden Startbedingungen, die sich in Abhängigkeit von den Betriebsparameter ermitteln lässt, angepasst werden, so dass der Start der Brennkraftmaschine optimal erfolgen kann. Da bereits vor dem Start in Abhängigkeit von der festgelegten Startstrategie Steuergrößen bestimmt werden, ist in vorteilhafter Weise der gemäß der Steuerstrategie zu erwartende Motorhochlauf bekannt. Weicht der überwachte Motorhochlauf von dem zu erwartenden Motorhochlauf ab, so ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die Steuergrößen derart anzupassen, dass der Motorhochlauf so erfolgt, dass die Startstrategie optimal umgesetzt wird.

30

35

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Erfassungsmittel eine Kolbenposition mindestens eines Zylinders erfasst,
und ein Berechnungsmittel unter Berücksichtigung der mindestens einen erfassten Kolbenposition vor einem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt. In Abhängigkeit von einer bekannten Kolbenposition mindestens eines Zylinders sind alle weiteren Arbeitstakte vor Beginn des Starts zu bestimmen und so ist es in vorteilhafter Weise möglich sowohl die Startstrategie und als auch die Steuergrößen darauf entspre-

chend anzupassen.

5 Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Erfassungsmittel eine Kolbenposition mindestens eines Zylinders erfasst, der beim Start zuerst in Kompression oder in einen Saugtakt geht, und das Berechnungsmittel mindestens unter Berücksichtigung der erfassten Kolbenposition vor einem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt. Ist bei einer direktinspritzenden Brennkraftmaschine die Kolbenposition eines zuerst in Kompression gehenden Zylinders bekannt bzw. bei einer Brennkraftmaschine mit Saugrohreinspritzung 10 die Kolbenposition des zuerst in den Saugtakt gehenden Zylinders bekannt, kann die Startstrategie in vorteilhafter Weise darauf abgestimmt werden. So kann es beispielsweise bei einer ungünstigen Kolbenposition vorgesehen sein auf eine Einspritzung in diesem Zylinder oder im Saugrohr in dem relevanten Takt zu verzichten und die Startstrategie darauf entsprechend einzustellen.

15 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass ein Speichermittel die von dem Kontrollmittel beim Motorhochlauf angepassten Steuergrößen abspeichert, und dass das Kontrollmittel, bei einem wiederholten von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf, auf die abgespeicherten Steuergrößen zurückgreift. So kann bspw. aus einem adaptiven Kennfeld in vorteilhafter Weise bei einem erneuten Start auf 20 bewährte Steuergrößen zurückgegriffen werden, so dass der Motorhochlauf von Beginn an optimal verlaufen kann.

Weiterhin ist von Vorteil, wenn bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung, das Berechnungsmittel Steuergrößen für eine Ventilsteuerung derart festlegt, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt. So ist es in vorteilhafter Weise möglich, weitere Einflussmöglichkeiten zu nutzen, um einen Motorhochlauf optimal zu gestalten.

30 Weiterhin ist von Vorteil, wenn bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Verdichtung, das Berechnungsmittel Steuergrößen für eine Verdichtungssteuerung derart festlegt, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt. So ist es in vorteilhafter Weise möglich, weitere Einflussmöglichkeiten zu nutzen, um einen Motorhochlauf optimal zu gestalten.

35 Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Startstrategie Steuergrößen festlegt, die einen Starter oder Starter-Generator in Leistung und/oder Drehzahl variabel über die Zeit an-

5 steuern. Dies hat den Vorteil, dass mit einem variabel ansteuerbaren Starter auch die Gemischaufbereitung während der Verdichtungs- bzw. Saugphase, die bei der Verdichtung im Brennraum entstehende Temperatur und das vom Starter abgegebene Drehmoment angepasst werden können und so weitere Freiheitsgrade zur Festlegung einer Startstrategie und zur Durchführung eines optimalen Starts bietet.

10 Gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels ist es vorgesehen, dass das Berechnungsmittel in Abhängigkeit von den vor dem Start der Brennkraftmaschine erfassten Betriebsparameter einen möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand der Brennkraftmaschine erkennt und eine Startstrategie vorgibt, die diesen Selbstentzündungs-Betriebszustand verhindert. Anhand der erfassten Betriebsparameter ist es in vorteilhafter Weise möglich, einen potenziellen Selbstentzündungs-Betriebszustand vorherzusagen und die vorzugebene Startstrategie so anzupassen, dass dieser Betriebszustand vermieden bzw. verhindert wird.

15 Weiterhin ist es von besonderem Vorteil, wenn die erfindungsgemäßen Vorrichtungen auch als Verfahren ausgestaltet sind

20 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist ein Computerprogramm-Produkt mit Programmcode vorgesehen, wobei der Programmcode auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung mindestens eines der erfindungsgemäßen Verfahren, wenn das Programm auf einem Computer oder Steuergerät ausgeführt wird. Dies hat den besonderen Vorteil, dass das erfindungsgemäße Verfahren unabhängig von einer Vorrichtung zur Verfügung gestellt werden kann.

Zeichnungen

30 Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in den Zeichnungen.

Es zeigen

Figur 1 schematisch den Ablauf eines Start-Stopp-Betriebes;

Figur 2 schematisch die Überwachung des Motorhochlaufs;

Figur 3 schematisch ein erfindungsgemäßes Steuergerät.

5

Beschreibung

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass bereits vor dem Starten der Brennkraftmaschine ausgehend von erfassten oder ermittelten Betriebsparametern eine Startstrategie festgelegt wird, anhand dessen Steuergrößen für den Motorhochlauf festgelegt werden.

10

Insbesondere ist es hilfreich bei direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen die Kolbenposition des zuerst in Kompression gehenden Zylinders zu ermitteln und bei Brennkraftmaschinen mit Saugrohreinspritzung die Kolbenposition des zuerst in die Saugphase gehenden Zylinders zu ermitteln.

15

Zur Identifikation des Startzylinders kann beispielsweise ein Absolutwinkelsensor eingesetzt werden, der an der Nocken- und/oder Kurbelwelle montiert ist und die momentane Winkellage der Kurbelwellen angibt. Der Absolutwinkelsensor erlaubt es weiterhin, das Steuergerät schneller mit der Brennkraftmaschine zu synchronisieren, als es mit den herkömmlichen Synchronisationsverfahren über Bezugsmarken am Kurbelwellengeberrad und/oder einem Phasengeberrad an der Nockenwelle möglich ist.

20

Figur 1 zeigt schematisch den Ablauf eines erfindungsgemäßen Start-Stopp-Betriebs. Im Schritt 10 befindet sich das Steuergerät in einer Vorstart-Phase. Im Start-Stopp-Betrieb bleibt die Zündung (KL15) entweder eingeschaltet oder wird in definierten Zeitabständen kurzzeitig bestromt, so dass das Steuergerät regelmäßig an der Versorgungsspannung anliegt. Dadurch wird die sonst notwendige Neusynchronisation des Steuergeräts mit dem Motor beim Start unnötig, und die verschiedenen Betriebsparameter relevanter Motorfunktionen werden regelmäßig aktualisiert. Alternativ kann diese Aufgabe auch nur von einer speziellen Teilfunktion im Steuergerät während der Stopp-Phase übernommen werden, so dass nicht immer das gesamte Steuergerät aktiviert werden muss.

30

Im Schritt 20 werden dann relevante Betriebsparameter erfasst. Folgende Betriebsparameter kommen als Eingangsgrößen beispielsweise in Frage: Startzylinder, Kolbenpositi-

35

on, Motor-, Motoröl-, Kühlwasser-, Ansaugluft-, Umgebungsluft-, Katalysator- und Kraftstofftemperatur, Kraftstoffrail-, Umgebungsluftdruck, Kraftstoffqualität, Batteriespannung, Ventilsteuerzeiten, -hub, Verdichtungsverhältnis, Gang, Kupplung, Stellung Drosselklappe, Gaspedal-, Bremspedalstellung, Zeit und andere.

5

Ausgehend von der erfassten oder ermittelten Betriebsparametern wird eine Startstrategie bestimmt anhand dessen Steuergrößen für einen Motorhochlauf festgelegt werden. Eine Startstrategie kann beispielsweise einen Kaltstart oder Heißstart berücksichtigen oder einen Start-Stopp-Betrieb oder darauf ausgerichtet sein einen schnellen Motorhochlauf zu realisieren oder einen Motorhochlauf derart gestalten, dass Selbstentzündungsbetriebszustände vermieden werden.

10

Im Schritt 30 wird überprüft, ob die Startstrategie durchgeführt werden kann. Sind Bedingungen für die Startstrategie ungünstig oder nicht erfüllt wird zum Schritt 100 verzweigt, in dem entschieden wird, ob ein in der Zündfolge nachfolgender Zylinder ausgewählt wird – Schritt 100 – oder ob ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird – Schritt 120.

15

Liegen geeignete Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vor, werden im Schritt 40 relevante Steuergrößen ausgelesen.

20

Relevante Steuergrößen sind beispielsweise: Einspritzzeitpunkt, -Winkel, -menge; Zündzeitpunkt, -Winkel; abzugebendes Motormoment; Zeit- oder Winkeldauer der Ansteuerung des Starters; Ventilsteuerzeiten, -hub; Verdichtungsverhältnis; Stellung Drosselklappe, Abgasrückführventil und weitere.

Im Schritt 50 werden die Steuergrößen an die jeweiligen Komponenten ausgegeben und im Schritt 60 erfolgt dann der Start der Brennkraftmaschine.

30

Im nachfolgenden Schritt 70 wird vorzugsweise nach einem ersten Arbeitstakt überprüft, ob die Steuergrößen zu einem gemäß Startstrategie vorgegebenen Motorhochlauf geführt haben. Bei Abweichungen werden die Steuergrößen im Schritt 200 so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Im Schritt 50 werden dann die neuen Steuergrößen an die Komponenten ausgegeben. Schritt 60 wird in diesem Zyklus übersprungen und im Schritt 70 erneut überprüft, ob der Motorhochlauf entsprechend der Startstrategie

35

erfolgt. Bei Abweichungen werden ggf. wieder über den Schritt 200 die Steuerwerte angepasst.

Als Rückfallebene für den Fall, dass der Start nicht erfolgreich war, wird bei der Überprüfung in Schritt 70 in den Schritt 120 verzweigt, in dem dann ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird.

Bei einem erfolgreichen Start folgt der Schritt 80, in dem die Brennkraftmaschine in den Normalbetrieb gebracht wird.

Bei Vorliegen einer Stopp-Anforderung erfolgt je nach Abstellkonzept die Abstellung der Brennkraftmaschine geregelt oder ungeregelt. Mit einer Verzweigung in den Schritt 90 wird eine ungeregelte Motorabstellung eingeleitet, bei der die Kurbelwelle ohne Beeinflussung frei ausläuft. Ist eine geregelte Motorabstellung vorgesehen, wird folgt der Schritt 190. Eine geregelte Motorabstellung hebt darauf ab, eine Brennkraftmaschine und insbesondere die Kurbelwelle in einen definierten Zustand abzustellen, so dass bei einem nachfolgenden Start eine optimale Kolbenposition im Hinblick auf Startzeit, Verbrauch, Emission, Bordnetzbelastung etc. erreicht wird.

Nach der Motorabstellung im Schritt 90 bzw. 190 wird auf den Vorstart-Schritt 10 zurück verwiesen, womit ein neuer Betriebszyklus beginnen kann.

Werden im Schritt 30 keine Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vorgefunden, so wird wie beschrieben in den Schritt 100 verzweigt. Vorzugsweise wird versucht, einen Zylinder zu finden, für den die Bedingungen erfüllt sind, also beispielsweise der Zylinder eine geeignete Kolbenposition aufweist. So verzweigt der Schritt 100 in der Regel zunächst zu Schritt 110. Hier wird ein in der Zündfolge nachfolgender Zylinder ausgewählt und in den Schritt 20 verzweigt, so dass die Routine erneut ablaufen kann. Wird im Schritt 30 erneut keine geeignete Bedingung registriert, wird typischer Weise im Schritt 100 die Schleife solange wiederholt, bis alle Zylinder abgefragt sind. Liegt immer noch keine geeignete Bedingung vor, verzweigt der Schritt 100 auf den Schritt 120 und leitet einen alternativen Startvorgang ein.

Im Schritt 120 wird die vorliegende Startstrategie zunächst abgebrochen. Eine mögliche Startalternative ist, Steuergrößen für einen nicht optimierten Motorhochlauf bereitzuhalten. Diese Steuergrößen können beispielsweise so gewählt sein, dass für die Einspritzung

und die Zündung Standardwerte verwendet werden, der Starter kann hingegen mit Steuergrößen für eine bevorzugte Startstrategie, beispielsweise einem Start-Stopp-Betrieb, angesteuert werden. Als weitere Alternative kann es auch vorgesehen sein, einen „klassischen“ Normalstart einzuleiten, bei dem der Starter in herkömmlicher Art betrieben wird.

5

Im nachfolgenden Schritt 130 werden die Steuergrößen an die Komponenten ausgegeben, wonach im Schritt 140 der Start erfolgt, wobei dann im Schritt 70 überprüft wird, ob der Start erfolgreich war.

10

Für den Fall, dass die Brennkraftmaschine nicht startet, wird vom Schritt 70 in den Schritt 120 zurückverzweigt und ein erneuter Startversuch unternommen. Nach wiederholtem Startversagen kann es auch vorgesehen sein, geeignete Fehlerreaktionen einzuleiten.

15

Figur 2 zeigt im Detail die Schritte nach Start der Brennkraftmaschine im Schritt 70. Wie bereits unter Figur 1 beschreiben, werden im Schritt 40 Steuerwerte gemäß der Startstrategie ausgelesen und im Schritt 50 an Komponenten 300 der Brennkraftmaschine ausgegeben, wobei dann im Schritt 60 (in Figur 2 nicht gezeigt) ein Start erfolgt. Nach dem Start der Brennkraftmaschine werden im Wesentlichen unabhängig von den übrigen Schritten in einem Schritt 220 Betriebsparameter beispielsweise kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen eingelesen, so dass ggf. ein zeitlicher Verlauf relevanter Betriebsparameter ermittelt werden kann.

20

Nach Startbeginn wird im Schritt 70 anhand der im Schritt 220 ermittelten Betriebsparameter überprüft, ob ein Motorhochlauf gemäß der vorgegebenen Startstrategie vorliegt. Weichen die ermittelten Betriebsparameter von den gemäß Startstrategie erwarteten Betriebsparameter ab, werden im Schritt 200 die Steuerwerte so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Die neuen Steuerwerte werden im Schritt 50 an die Komponenten 300 ausgegeben und der Erfolg im Schritt 70 überprüft und bei erneuten Abweichungen wieder in den Schritt 200 verzweigt.

30

In Figur 3 ist mit gestrichelter Umrandung eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zur Steuerung einer Brennkraftmaschine 500 dargestellt. Die Vorrichtung 1, vorzugsweise ein Steuergerät, umfasst ein Berechnungsmittel 410, ein Erfassungsmittel 420, ein Kontrollmittel 430 und ein Speichermittel 440.

35

Das Erfassungsmittel 420, vorzugsweise ein Empfänger, Analog-Digital-Wandler oder ähnliches, erfasst Betriebsparameter der Brennkraftmaschine und leitet entsprechende Signale an das Berechnungsmittel 410 und an das Kontrollmittel 430 weiter. Das Berechnungsmittel 410, vorzugsweise ein Mikroprozessor oder allgemein eine Recheneinheit, berechnet oder ermittelt anhand der erfassten Betriebsparameter eine für einen Start der Brennkraftmaschine geeignete Startstrategie und legt Steuergrößen so fest, dass der Motorhochlauf gemäß der gewünschten Startstrategie erfolgt. Die Steuergrößen und ggf. die Startstrategie werden an das Kontrollmittel 430 weiter gegeben. Das Kontrollmittel 430 kann bspw. als separate Einheit aufgebaut sein oder auch Teil der Funktionalität des Berechnungsmittel 410 sein. Über das Kontrollmittel 430 und ggf. weitere Funktionsmodule werden Komponenten der Brennkraftmaschine mit den festgelegten Steuergrößen angesteuert. Das Kontrollmittel 430 überwacht anhand erfasster Betriebsparameter, ob der Motorhochlauf beim Start der vorgegebenen Startstrategie entspricht. Weicht der Motorhochlauf bzw. bestimmte Betriebsparameter von den für die Startstrategie erwarteten Parameter ab, passt das Kontrollmittel 430 die Steuergrößen entsprechend an, um einen optimalen Motorhochlauf gemäß gewünschter Startstrategie zu erreichen. Die angepassten bzw. adaptierten Steuergrößen werden in einem Speichermittel 440 abgespeichert, so dass bei einem erneuten Start mit entsprechend Startstrategie bereits angepasste Werte zur Verfügung stehen.

Zur Ausgabe der Steuergrößen gemäß der Startstrategie können die Steuergrößen beispielsweise in Kennfeldern, -linien, speziellen Wertetabellen, Speichereinheiten eines neuronalen Netzes oder anderen Speichereinheiten abgelegt sein und auch adaptiv erlernt werden, so dass stets ein zeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimierter Start erreicht wird.

Abhängig von den Betriebsparametern wird jeweils die optimale Startstrategie und entsprechende Steuergrößen ermittelt und festgelegt, um optimale Startbedingungen für die Brennkraftmaschine zu erreichen. Treten trotz der vorgewählten Steuergrößen dennoch nicht optimale Betriebszustände ein, beispielsweise Motorvibrationen, werden beispielsweise in einem Start-Stopp Betrieb für den nächsten Start die Steuergrößen so gewählt, dass ein erneutes Auftreten dieser Effekte verhindert wird. Es muss jedoch dann gesichert sein, dass durch die Neuwahl der nun nicht optimal gewählten Vorsteuerungsgrößen, dennoch eine 100%-ige Startzuverlässigkeit erreicht wird, ggf. sind die Vorsteuerungswerte auch anzupassen.

Alternativ kann auch auf Betrieb mit klassischem Starterstart (= längeres Durchdrehen des Starters) umgeschaltet werden. Gleiches gilt nach einem Startabbruch bzw. einem erfolglosen Startversuch während eines Start-Stopp-Betriebes.

5 Sind allgemein die Bedingungen für einen erfolgreichen „Starterunterstützten Direktstart“ beispielsweise nach der Abfrage der Umgebungsbedingungen im Motor vor dem Start für den betreffenden Startzylinder nicht vollständig erfüllt, z.B. im Falle, dass die Kolbenposition des Startzylinders nicht optimal ist, so kann auch mittels Starterdurchdrehen, der in der Zündfolge nachfolgende Zylinder aus dem Ansaug- in den Kompressionstakt überführt und die Startroutine an diesem Zylinder durchgeführt werden.

10 Eine erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. Steuergerät mit darin programmierten Motorsteuerungsfunktionen erlaubt es, Einspritz- und Zündimpulse getrennt voneinander und zu beliebigen Zeitpunkten bzw. Kurbelwellenwinkeln auszugeben. Es erlaubt weiterhin, eine elektrische Maschine, wie zum Beispiel einen Starter oder Starter-Generator, zeitvariabel bzw. variabel über den Nocken- bzw. Kurbelwellenwinkel, anzusteuern. Ebenso erlaubt es, bei Systemen mit variabler Verdichtung bzw. Ventilsteuerung, das Verdichtungsverhältnis, bzw. die Phasen- und Hublage der Ein- und Auslassventile während des Startvorganges zu variieren.

20 Bei Systemen mit variabler Ventilsteuerung kann darüber hinaus durch das Verstellen der Ventilsteuerzeiten für Einlass- und Auslassnockenwelle entweder der Füllungsgrad in der Verdichtungsphase bzw. das abgegebene Motormoment gesteuert werden. In der Verdichtungsphase kann z.B. durch ein späteres oder auch früheres Schließen des Einlassventils der Füllungsgrad im Kompressionszylinder abhängig von den Umgebungsbedingungen im Motor verändert werden.

30 Im Hinblick auf eine Regelung des abgegebenen Motormomentes in Bezug auf Vermeidung von Motorvibrationen beim Start, kann ein Teil der Verbrennungsenergie z.B. durch ein früheres Öffnen des Auslassventils in den Auslasskanal abgegeben werden, um so das Motormoment effektiv zu reduzieren. Umgekehrt kann die Steuerzeit der Auslassnockenwelle auch in Richtung: „Auslassventil öffnet spät“ verändert werden, um das Verbrennungsmoment über einen größeren Kurbelwellen-Winkelbereich ausnutzen zu können.

Eine mögliche Startstrategie kann beispielsweise einen speziellen Regelungsalgorithmus vorsehen und so z.B. anhand des Verdichtungsverhältnisses und/oder der Ventilsteuerzeiten, der im Zylinder eingeschlossenen Luftmasse und der Starterdrehzahl, der Temperaturverlauf während der Verdichtungsphase vorhersagen oder simulieren. Danach können die Ausgangsgrößen des Regelalgorithmus bzw. die Steuerwerte so gestellt werden, dass eine für die Selbstentzündung kritische Temperatur nicht überschritten wird.

Bei Systemen mit variabler Verdichtung kann zusätzlich während des Verdichtungs- und Verbrennungsvorganges das Verdichtungsverhältnis variiert werden, um so die Verdichtungstemperatur und den Verdichtungsdruck zu steuern. Erkennt man, z.B. anhand eines Temperatur- oder Brennraumdrucksensors, dass die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck zu hoch ist, wird die Verdichtung des Motors verringert (=Expansion des Zylinders zu größerem Hubraum). Ist umgekehrt die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck für eine optimale Gemischaufbereitung zu niedrig, wird das Verdichtungsverhältnis des Motors erhöht.

Beim erfindungsgemäßen Vorgehen, wird das Problem der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen durch gezielte Abstimmung von Kompression, Einspritzung und Zündung verhindert. Durch gemeinsame Optimierung von Starteransteuerung und Verbrennung, bietet diese Startvariante zusätzlich ein großes Potenzial zur Startzeitverkürzung.

Das erfindungsgemäße Vorgehen erlaubt es, die Startstrategie bzw. den Motorhochlauf im Wesentlichen auf zwei Prinzipien zu stützen: Einer leistungsoptimierten Ansteuerung eines Starters, als startunterstützende bzw. -vorbereitende Maßnahme, und einer optimalen Steuerung bzw. Regelung der ersten Verbrennungen bis zum Erreichen der Soll-Leerlaufdrehzahl.

Die vorgeschaltete Ansteuerung eines Starters als startunterstützende Maßnahme erfolgt in der Weise, dass im ersten OT-Durchgang ein Drehzahloptimum von der Starterdrehzahl für die darauffolgende Verbrennung erreicht wird. Dies kann zum einen bedeuten, dass der Starter abhängig von der Kolbenposition im Kompressionstakt beim Start derart leistungsgesteuert wird, dass im OT-Durchgang z.B. die größtmögliche Motordrehzahl (=kinetische Energie bzw. Drehmoment) erreicht wird. Zum anderen kann die Ansteuerung des Starters jedoch auch derart erfolgen, dass während der Kompressionsphase anhand der Starterdrehzahl ein Optimum in der Gemischaufbereitungszeit für die darauffol-

gende Verbrennung geschaffen wird. Soll heißen, dass z.B. abhängig von der Kraftstoffqualität, der Motor-, Kühlwasser-, Öltemperatur; Verdichtung des Motors, etc., die Starterdrehzahl bzw. die daraus resultierenden Kolbengeschwindigkeit, derart gesteuert wird, dass sich in der Kompressionsphase im Zylinder ein möglichst homogenes Kraftstoff-Luft-Gemisch ausbildet, welches anschließend gezündet wird.

Durch gezielte Überwachung der Brennraumtemperatur mittels beispielsweise eines Temperatursensors oder auch eines Druckverlaufs eines Brennraumdrucksensors, kann so z.B. auch die Verdichtungstemperatur unterhalb der für eine Selbstentzündung kritischen Temperatur gehalten werden, indem gezielt Wandwärmeverluste an die Zylinderwand während der Verdichtung zugelassen werden.

In beiden Varianten liefert der Starter also ein Anfangs-Drehmoment, zu welchem sich anschließend das durch die erste Verbrennung erzeugte Verbrennungsmoment zu einem Gesamt-Motormoment addiert. Hieraus resultiert letztendlich der Drehzahlanstieg beim Motorhochlauf. Der Starter wird zusätzlich, abhängig von der Startposition, nur solange entweder winkel- oder zeitbasiert angesteuert, wie es notwendig ist, um beim Überstreichen des OT die vordefinierte Drehzahl sicherzustellen. D.h. der Starter wird aktiv so früh als möglich wieder abgeworfen, um unnötige Bordnetzbelastungen bzw. auch Startgeräusche zu vermeiden.

Durch dieses Zusammenspiel von optimiertem Starter- und Verbrennungsmoment, wie auch optimaler Starteransteuerung, wird eine sehr kurze Startzeit erreicht, was dieses System sowohl für ein Start-Stopp-System, als auch allgemein zum schnelleren Starten eines Motors besonders attraktiv macht und gleichzeitig ein deutliches Plus an Komfort darstellt.

Als Startzylinder für die erste Verbrennung wird ebenso der Zylinder im Kompressions-takt verwendet, der vor dem Start beispielsweise mittels eines Absolutwinkelsensors an der Kurbelwelle identifiziert wird.

Wie beschrieben ist es auch vorgesehen, nicht primär vor oder während der Verdichtungsphase in den Kompressionszylinder, sondern erst nach dem Überstreichen des oberen Totpunkts, also wenn sich der Kolben bereits in der Expansionsphase des Arbeitstaktes befindet, Kraftstoff in den Zylinder einzuspritzen und anschließend das Luft-

Kraftstoff-Gemisch zu zünden.

Der Ablauf von Einspritzung und Zündung kann dabei sowohl zeit-, als auch winkelbasiert erfolgen. Dieses Startverfahren kann zusätzlich auch auf den zweiten und weiteren in der Zündfolge folgenden Verbrennungsvorgänge angewandt werden, um einen zeit-, verbrauchs- und emissionsoptimierten Start realisieren zu können.

D.h., die Startroutine, wie sie in Figur 1 bzw. 2 dargestellt ist, regelt z.B. anhand des Drehzahl-, oder auch Drehzahlgradientenverlaufs der vorhergehenden Verbrennung jeweils die Parameter (Einspritzzeitpunkt, -menge, Zündzeitpunkt) für die nachfolgende Verbrennung, um einen zeit-, verbrauchs- und emissionsoptimierten Start zu erreichen.

Durch die gezielte Abstimmung des Motormomentes (z.B. geringere eingespritzte Kraftstoffmenge, späterer Zündzeitpunkt) können darüber hinaus auch Motorvibrationen, welche eventuell durch die ersten Verbrennungen (= Vollastverdichtungen bzw. -Verbrennungen) auftreten und sich z.B. störend auf den Fahrzeuginnenraum übertragen können (=Komforteinbuße), minimiert bzw. verhindert werden.

Nicht zuletzt kann dadurch aber auch ein Überschwinger in der Drehzahl über die Soll-Leerlaufdrehzahl, wie er derzeit meist beim Startvorgang eintritt, reduziert werden, so dass der Motor schneller seinen gewünschten Betriebszustand erreicht. Ein schnelles Erreichen des gewünschten Betriebszustandes des Motors ist im Start-Stopp-Betrieb essenziell für ein schnelles Losfahren nach einem z.B. Ampelstopp.

Zusätzlich wirkt sich ein reduzierter Überschwinger in der Drehzahl auch auf das Startgeräusch des Motors aus. Ein „Aufheulen“ des Motors durch eine überhöhte Drehzahl beim Start wird somit wirksam unterdrückt.

Alternativ können die Einspritz- und Zündimpulse abhängig von den oben erwähnten Eingangsgrößen bzw. Betriebsparameter jedoch auch vor oder während der Kompressionsphase, d.h. noch vor Erreichen des oberen Totpunkts, erfolgen. Dabei muss jedoch anhand der Eingangsgrößen (z.B. Motor-, Kühlwasser-, Öl-, Ansauglufttemperatur, etc.) gewährleistet sein, dass eventuelle Selbstentzündungseffekte sicher ausgeschlossen werden können.

Dies kann, wie oben beschrieben, z.B. durch gezielte Ansteuerung des Starters erreicht werden, beispielsweise indem man die Verdichtungstemperatur überwacht und durch gezielte Wandwärmeverluste an die Zylinderwand diese unter eine für die Selbstentzündung kritische Temperaturschwelle hält.

5

Eine weitere Alternative ist, wie beschrieben, eine erhöhte Einspritzmenge (-Anfettung) für die ersten Verbrennungen, da so die in den Zylindern eingeschlossene Luft stärker abgekühlt wird (höhere Verdampfungsenthalpie), und so die Temperatur im Brennraum unter die Selbstentzündungstemperatur gebracht werden kann.

10

Darüber hinaus ist die Erfindung auch für ein Start-Stopp-System bei Fahrzeugen mit Saugrohreinspritzung (SRE) geeignet und kann hier auch für den Kaltstart angewendet werden. Die Einspritzimpulse müssen hierbei für die einzelnen Zylinder während des Saugtaktes bei geöffneten Einlassventilen oder vorgelagert ins Saugrohr bei noch geschlossenen Einlassventilen erfolgen. Somit kann auch bei diesen Systemen sowohl beim Heißstart, während des z.B. Start-Stopp-Betriebes, wie auch beim Kaltstart die Startzeit deutlich verkürzt und der Motorhochlauf zeit-, verbrauchs- und emissionsoptimiert gestaltet werden.

15

20

Der Starter muss, aufgrund der auf den Saugtakt beschränkten Einspritzmöglichkeiten, in beiden Anwendungen jedoch länger angesteuert werden als bei Systemen mit Direkteinspritzung. Auch hier kann man jedoch ein Optimum der Starteransteuerung finden.

Steht der Kolben des Startzylinders im Saugtakt, z.B. nahe am oberen Totpunkt bei geöffneten Einlassventilen, wird bereits aus diesem Zylinder gestartet. Einspritz- und Zünd-Timing können auch hier frei gewählt werden. Jedoch muss abhängig von den im Motor herrschenden Randbedingungen (wie z.B. Raildruck, Kraftstofftemperatur, etc.) bei der Wahl des Einspritzzeitpunktes darauf geachtet werden, dass bei durchdrehendem Starter die für die im Zylinder angesaugte Luftmasse, z.B. für eine stöchiometrische Verbrennung benötigte Kraftstoffmenge, noch vor dem Schließen der Einlassventile, vollständig in den Zylinder eingespritzt werden kann.

30

35

Der Starter muss ausgehend von einer Startposition nahe der OT-Lage hierzu um mindestens eine Kurbelwellenumdrehung (360°KW) angesteuert werden, bis der Startzylinder seinen Verdichtungstakt abgeschlossen hat und sich im Arbeitstakt befindet.

Steht der Zylinder im Saugtakt nahe am unteren Totpunkt (UT) bzw. kurz vor Ende des Saugtaktes (=Einlass schließt), so dass zum einen die Zeit zum Absetzen der notwendigen Kraftstoffmenge vor Einlass schließt nicht ausreichen sollte und auch keine nennenswerte Turbulenz durch die angesaugte Luft im Zylinder mehr entsteht, wird zum Vorteil einer

5 besseren Gemischaufbereitung auf den in der Zündfolge nachfolgenden Zylinder als Startzylinder ausgewichen. Dieser muss dann zunächst aus seinem Ausstoßtakt in den Saugtakt überführt werden, was eine Ansteuerung des Starters um einen Winkel oder einer Zeit von mehr als einer Kurbelwellenumdrehung ($>360^\circ\text{KW}$) zur Folge hätte.

10 Im Idealfall, wenn der Startzylinder in einer mittleren Position im Saugtakt ($\text{ca. } 90^\circ\text{KW}$) steht, ergibt sich für die Starteransteuerung ein Winkel bzw. eine Zeit von einer dreiviertel Kurbelwellenumdrehung ($\text{ca. } 270^\circ\text{KW}$). Die Starteransteuerung ist dann nur geringfügig länger als die maximale Ansteuerzeit des Starters von etwa einer halben Kurbelwellenumdrehung ($\text{ca. } 180^\circ\text{KW}$) bei BDE-Systemen mit Einspritzung in den Kompressions-

15 takt. Der Starter wird dabei ebenso wie bei den Systemen mit Direkteinspritzung beschrieben angesteuert, um einen zeit-, verbrauchs- und emissionsoptimierten Start zu erreichen.

20 Die Gefahr der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen ist bei SRE-Start-Stopp-Systemen durch z.B. eine erhöhte Einspritzmenge (Anfettung) während des Saugtaktes bzw. kurz vor Öffnen der Einlassventile (EÖ) zu verhindern. Durch eine vorgelagerte Einspritzung ins Saugrohr kurz vor EÖ oder während des Ansaugtaktes wird die Ansaugluft, die sich während z.B. einer Stopp-Phase im Start-Stopp-Betrieb durch die abgegebene Motorwärme und auch durch starke Sonneneinstrahlung übermäßig erhitzt, aufgrund der Verdampfung des flüssigen Kraftstoffes abgekühlt. Somit wird die Temperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches deutlich abgesenkt und kann bei der anschließenden Verdichtung unter die Temperaturschwelle für Selbstentzündung gehalten werden. Im Start-Stopp-Betrieb würde eine Verschlechterung der Emissionen aufgrund einer erhöhten Einspritzmenge durch den bereits aufgeheizten Katalysator unschädlich gemacht und wäre

30 somit unproblematisch. Es muss jedoch gewährleistet werden, dass während z.B. einer langen Stopp-Phase, die Temperatur im Katalysator nicht unter die Konvertierungstemperatur absinkt.

28.07.04 Sm/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start, mit einem Erfassungsmittel (420) welches Betriebsparameter der Brennkraftmaschine erfasst, dadurch gekennzeichnet, dass ein Berechnungsmittel (410) unter Berücksichtigung der erfassten Betriebsparameter vor dem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt, - dass das Berechnungsmittel (410) in Abhängigkeit von der vorgegebenen Startstrategie Steuergrößen zur Steuerung eines Motorhochlaufs festlegt, - dass ein Kontrollmittel (430) den Motorhochlauf überwacht, und dass das Kontrollmittel (430) die Steuergrößen, bei einem von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf, entsprechend anpasst.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassungsmittel (420) eine Kolbenposition mindestens eines Zylinders erfasst, und dass ein Berechnungsmittel (410) unter Berücksichtigung der mindestens einen erfassten Kolbenposition vor einem Dem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt.
3. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassungsmittel (420) eine Kolbenposition mindestens eines Zylinders erfasst, der beim Start zuerst in Kompression oder in einen Saugtakt geht, und dass das Berechnungsmittel (410) mindestens unter Berücksichtigung der erfassten Kolbenposition vor einem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie

20

30

35

vorgibt.

- 5 4. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass ein Speichermittel die von dem Kontrollmittel (430) beim Motorhochlauf angepassten Steuergrößen abspeichert,
und dass das Kontrollmittel (430), bei einem wiederholten von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf, auf die abgespeicherten Steuergrößen zurückgreift.

- 10 5. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung, das Berechnungsmittel (410) Steuergrößen für eine Ventilsteuerung derart festlegt, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt.

- 15 6. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Verdichtung, das Berechnungsmittel (410) Steuergrößen für eine Verdichtungssteuerung derart festlegt, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt.

- 20 7. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Startstrategie Steuergrößen festlegt, die einen Starter oder Starter-Generator in Leistung und/oder Drehzahl variabel über die Zeit ansteuern.

- 30 8. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Berechnungsmittel (410) in Abhängigkeit von den vor dem Start der Brennkraftmaschine erfassten Betriebsparameter einen möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand der Brennkraftmaschine erkennt und eine Startstrategie vorgibt, die diesen Selbstentzündungs-Betriebszustand verhindert.

- 35 9. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass vor einem Start der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung von erfassten Betriebsparametern eine Startstrategie zum Starten der Brennkraftmaschine vorgegeben

wird,

dass in Abhängigkeit von der vorgegebenen Startstrategie Steuergrößen zur Steuerung eines Motorhochlaufs festgelegt werden,

dass der Motorhochlauf überwacht wird und bei einem von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf die Steuergrößen so angepasst werden, dass ein durch die Startstrategie vorgegebener Motorhochlauf eingehalten wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Startstrategie unter Berücksichtigung mindestens einer erfassten Kolbenposition vorgegeben wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kolbenposition mindestens eines Zylinder erfasst wird, der beim Start zuerst in Kompression oder in einen Saugtakt geht.

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die bei einem Motorhochlauf angepassten Steuergrößen abgespeichert werden und bei einem wiederholten von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf hierauf wieder zurückgegriffen wird.

13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Ventilsteuerung Steuergrößen für diese variable Ventilsteuerung derart festgelegt werden, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt.

14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Brennkraftmaschine mit variabler Verdichtung Steuergrößen für diese variable Verdichtungssteuerung derart festgelegt werden, dass der Motorhochlauf der vorgegebenen Startstrategie folgt.

15. Computerprogramm-Produkt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 bis 14, wenn das Programm auf einem Computer oder Steuergerät ausgeführt wird.

28.07.04 Sm/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

10

Zusammenfassung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start, mit einem Erfassungsmittel (420) welches Betriebsparameter der Brennkraftmaschine erfasst, wobei ein Berechnungsmittel (410) unter Berücksichtigung der erfassten Betriebsparameter vor dem Start der Brennkraftmaschine eine Startstrategie vorgibt, und das Berechnungsmittel (410) in Abhängigkeit von der vorgegebenen Startstrategie Steuergrößen zur Steuerung eines Motorhochlaufs festlegt, und ein Kontrollmittel (430) den Motorhochlauf überwacht, und das Kontrollmittel (430) die Steuergrößen, bei einem von der Startstrategie abweichenden Motorhochlauf, entsprechend anpasst.

20

(Fig. 3)

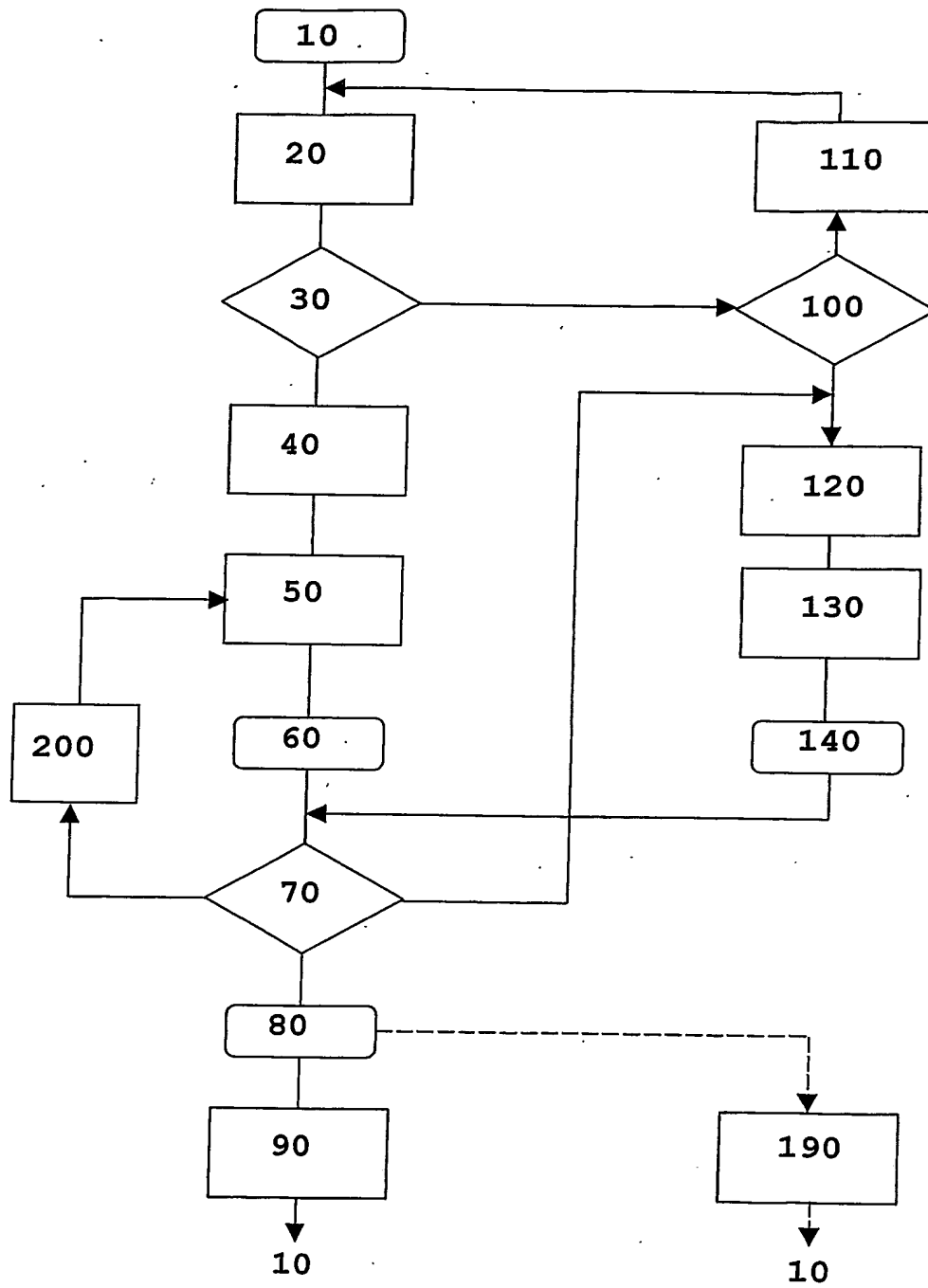


Fig. 1

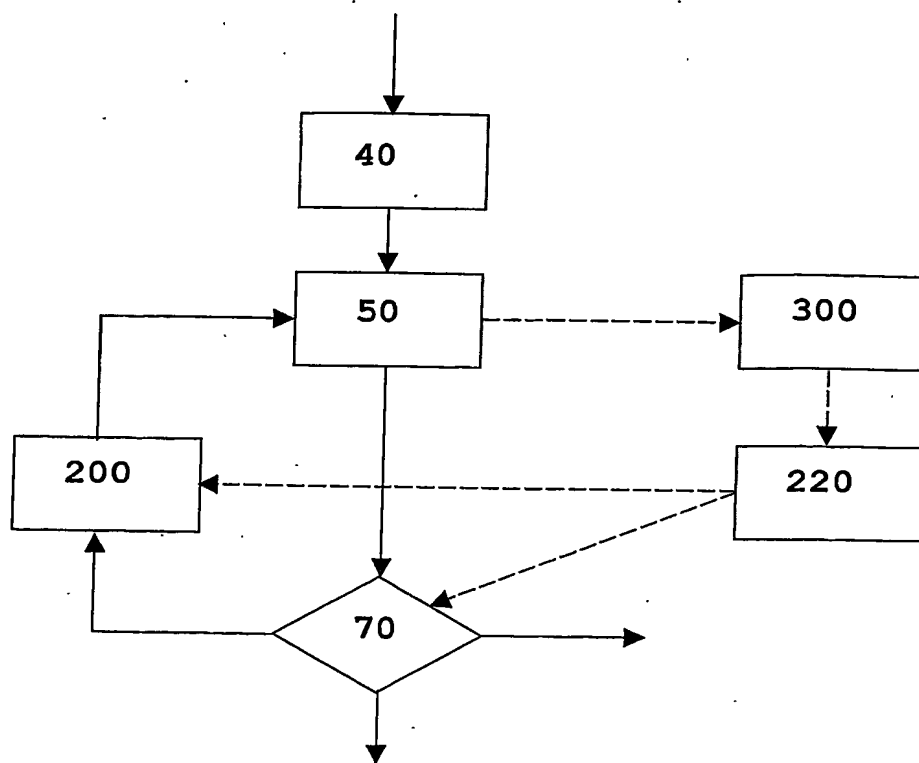


Fig. 2

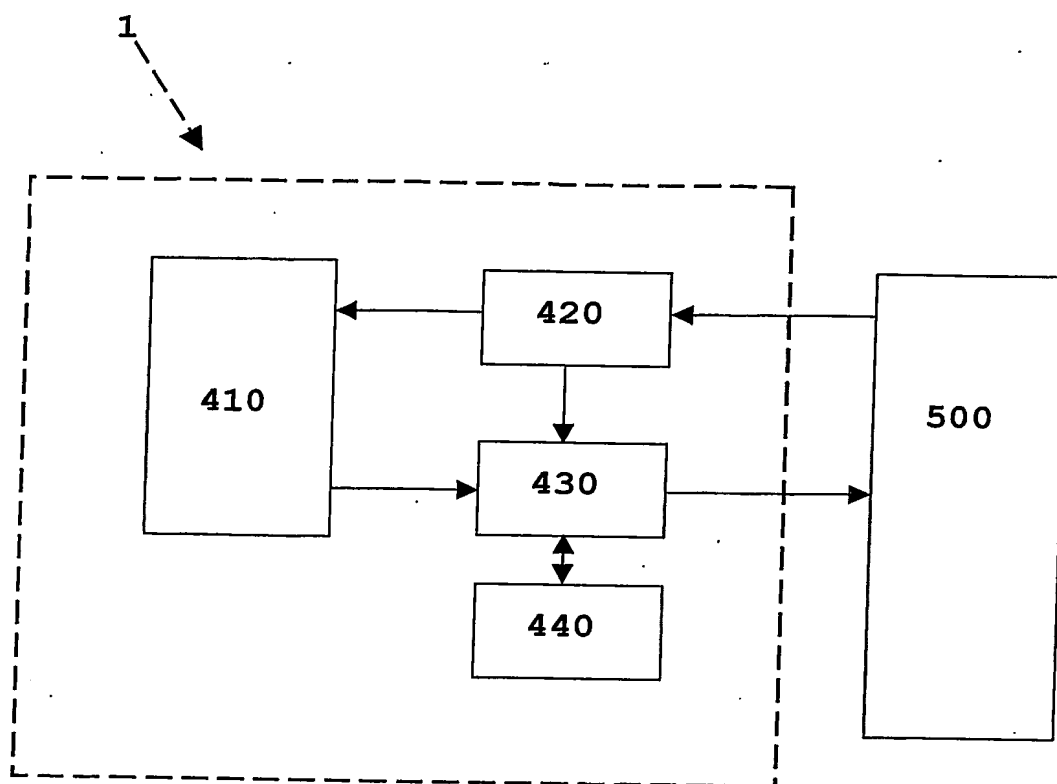


Fig. 3

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/053599

International filing date: 25 July 2005 (25.07.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 037 167.9
Filing date: 30 July 2004 (30.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 09 September 2005 (09.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.